Aus der Abt. für Traumatologie und plastische Chirurgie der WE 02 im Klinikum Steglitz
der Freien Universität Berlin
Leiter : Professor Dr. med. R. Rahmanzadeh.

Entwicklung von Extremitätenhalteschalen, Mono- und Tandemprofilmanschetten und Automatik zur Blutsperre, Blutleere und Steuerung der i.v. Regionalanaesthesie (nach Bier)

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Wolfgang Schneider
aus Zobtem am Berge/Breslau

1977

Aus der Abt. für Traumatologie und plastische Chirurgie der WE 02 im Klinikum Steglitz
der Freien Universität Berlin
Leiter : Professor Dr. med. R. Rahmanzadeh.

Entwicklung von Extremitätenhalteschalen, Mono- und Tandemprofilmanschetten und Automatik zur Blutsperre, Blutleere und Steuerung der i.v. Regionalanaesthesie (nach Bier)

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Wolfgang Schneider
aus Zobtem am Berge/Breslau

Referent: Professor Dr. med. W.-E. Vaubel

Korreferent: Professor Dr. H.J. Eberlein

Promoviert am: 28.12.1977

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

INHALT

		Seite
I	Einleitung.	1
	1. Entwicklung der Lokal-Anaesthesie.	1
	2. Formen der Lokal-Anaesthesie.	4
	3. Entwicklung der i.v.Regionalanaesthesie durch A.Bier.	5
	4. Entwicklung der Armlagerungsmöglichkeiten.	6
	5. Zur Anlage von Blutsperre und Blutleere.	13
II	Methodik.	
	1. Methode der i.v.Regionalanaesthesie nach A.Bier.	14
	2. Die heute gebräuchliche Methode der Bier'schen i.v.Regionalanaesthesie.	16
III	Problematik.	
	1) Blutleere und Blutsperre	18
	2) Anaesthesie	18
	3) Technische Probleme.	20
IV	Ergebnisse.	
	1) Entwicklung von	24
	a) Monoprofilmanschette	24
	b) Tandemprofilmanschette	28
	2) Entwicklung der Extremitätenhalteschale für	30
	a) Monoprofilmanschette	30
	b) Tandemprofilmanschette.	32
	3) Konstruktion der elektr. 2 Phasen-Druckautomatik zur Steuerung der Tandemprofilmanschette für die Bier'sche i.v.Regionalanaesthesie.	33

		Seite
V	Zusammenfassung	39
VI	Literatur.	45

Entwicklung von Extremitätenhalteschalen, Mono- und Tandemprofilmanschetten und Automatik zur Blutsperre, Blutleere und Steuerung der i.v. Regionalanaesthesie (nach Bier [13,14]).

I Einleitung.

I 1 Seit alters her ist es ein Traum der Menschheit gewesen, Schmerzen beherrschen zu können. Die Griechen sprachen schon von der Anaesthesie -Empfindungslähmung- nicht wissend, wie man sie gezielt und gesteuert erreichen kann. In allen Völkern der Welt wurde deshalb ihnen bekannte Drogen wie z.B. Kokainblätter, Belladonna,Opium, Hanf und Alkohol vor chirurgischen Eingriffen den Patienten verabreicht. Hilaris von Poitiers [45] überliefert uns in seinem Werk "Über die Dreieinigkeit" den ältesten schriftlichen Hinweis über die schlafbringende Wirkung von Drogen.

1776 entdeckt Priestley das Lachgas, aber erst 1844 wird es von H.Wells als Narkose bei Zahnextraktionen angewandt. D. Larrey [61] der Leibarzt Napoleons, berichtet 1807 über schmerzlose Amputationen durch große Kälte in Rußland. Der Schwefeläther wurde erstmals durch den Chemiker und Geologen Jackson aus Boston versehentlich beim Inhalieren an sich selbst ausprobiert. Sein Freund Morton benutzte ihn dann im Geheimen bei Zahnextraktionen seiner Patienten. Im Oktober 1846 wurde erstmals nach einer größeren Operation diese Art der Schwefeläthernarkose von Warren in Boston publiziert. Schon ein Jahr später (1847) hat Professor J.Young Simpson viele ätherische Stoffe ausprobiert und wegen der besten Wirkung Chloroform in die chirurgische Praxis eingeführt, nachdem im März des gleichen Jahres Flourens aus Paris die Einwirkung beider Substanzen in Tierexperimenten für gleich befunden hat. Dafür wurde Professor Simpson von der Königin Viktoria von England geadelt und sie gebar ein Kind in Chloroformnarkose (Narcose à la reine). Von dieser Zeit an wird Chloroform in England, Frankreich und Deutschland an Stelle des Äthers benutzt [37,50,62].

Die Vorteile sind:

1. Kräftige und schnelle anaesthesierende Wirkung (2 bis 5 Minuten)
2. Die Narkose erfolgt immer (bei Äther nicht)

3. Ruhiger Schlaf
4. Kaum Hustenreiz

Aber auch die Kontraindikationen wurden bald erkannt.

1. Säuglingsalter
2. Hohes Alter
3. Erkrankung der Atemorgane
4. Herz- und Gefäßerkrankungen
5. Bluthochdruck
6. Schlaganfall
7. Lebererkrankungen

Die Versuche, Chloroform durch Amylen oder Kohlensäure zu ersetzen, haben keine Erfolge gebracht [12,30,41,44,56,57,67,68,73]. Da eine allgemeine Anaesthesie nicht immer von Nutzen, ja sogar teilweise von Schaden war, haben die damaligen Wissenschaftler überlegt, wie man nur Körperteile anaesthesieren kann. 1884 benutzt Koller erstmals Kokain zur Lokalanaesthesie am Auge. Bereits sechs Jahre später (1890), wurde das erste synthetische Lokalanaesthetikum Anaesthesin (Paraaminobenzoesäure-Ethoform) von Ritgert entwickelt und weitere 14 Jahre später, 1904, das Novocain (Paraaminobenzoesäure-ß-diäthylamino-äthylester) von Einhorn und 1905 von Braun [17-19], das heute noch zur Lokalanaesthesie benutzte Medikament eingeführt.

I 2 Formen der Lokalanaesthesie

Nach Entdeckung der Lokalanaesthesie durch Koller, 1884 (Kokain), Ritgert 1890 (Anaesthesin) und Einhorn 1904 (Novocain) entwickelten sich auch schnell die Aplikationsformen.

A. Lokalanaesthesie (im eigentlichen Sinne)

a. Oberflächenanaesthesie (Koller 1884 Kokain)

b. Infiltrationsanaesthesie (Reclus [64], 1889 und Schleich [70-71] 1892)

c. Umspritzungsanaesthesie (Hackenbruch [22] 1865 bis 1924)

d. Kälteanaesthesie (Richardson 1866, Äther)

B. Leitungsanaesthesie (Erste Angaben von Corning[22], durchgeführt von Halstead 1885)

a. Plexusanaesthesie (Kuhlenkampff[53] 1911)

b. Epiduralanaesthesie

b 1) tiefe Sakralanaesthesie (Cathelin [20] 1903 und Lawen 1910)

b 2) hohe Sakralanaesthesie

b 3) Periduralanaesthesie

c. Paravertebralanaesthesie

c 1) Splanchnicusanaesthesie (Wendelin [61])

c 2) Lumbalanaesthesie (Corning [22] 1885 und Bier [13+14] 1898 bis 1901)

d. Pudendusanaesthesie

C. Gefäßanaesthesie

a. Venenanaesthesie (Bier [13+14] 1908 und 1909)

b. Arterielle Anaesthesie (Goyanos, von Oppel [39] 1909)

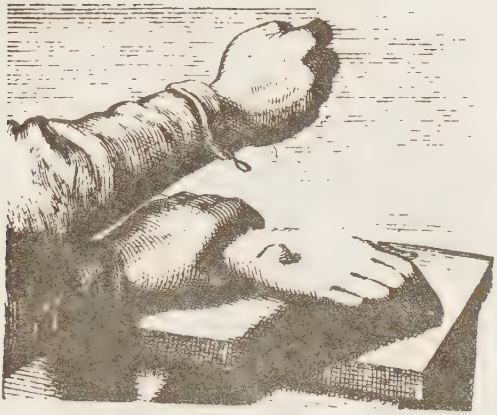
I 3 Entwicklung der i.v. Regionalanaesthesie durch Bier [13+14]

"Alles in allem glaube ich, daß wir mit der Venenanaesthesie einen großen Fortschritt auf dem Gebiet der lokalen Schmerzbekämpfung vorwärts getan haben. Sicherlich ist noch manches in der Technik zu verbessern ..... aber schon jetzt ist die Venenanaesthesie ein Verfahren, daß, was Vollständigkeit und Großartigkeit anlangt, alle anderen Methoden der Lokalanaesthesie in den Schatten stellt". Diese Worte schrieb August Bier 1909 in seiner Arbeit "Über die Venenanaesthesie [14]", nicht wissend wie recht er mit dieser Äußerung hatte. Doch schon zwei Jahre später wurde sie durch die von Kuhlenkampf [53] 1911 publizierte Methode der supraklavikulären Plexusblokade abgelöst. Mit einer der Gründe die die i.v. Regionalanaesthesie in Vergessenheit gerieten ließen, waren die von Bier selbst beschriebenen technischen Schwierigkeiten, die bereits mit Problemen einer sachgemäßen Lagerung der Extremitäten begannen.

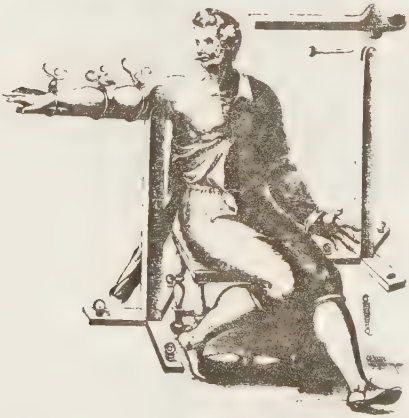
I 4 Entwicklung der Armlagerungsmöglichkeiten

Nicht ganz so schnell vollzog sich die Entwicklung von Geräten zur intraoperativen Armlagerung. Die jeweils benutzten Handoperationstische wurden den wissenschaftlichen Gegebenheiten sowie der Nutzungsart entsprechend angepaßt. Einige Eckpfeiler der Entwicklung seien hier im Bild dargestellt. Sie zeigen sehr deutlich den Wandel der Konstruktionen jeweils den wissenschaftlichen Erkenntnissen angepaßt.

1. Gerßdorff [38] 1570
2. Guillemeau [40] 1594
3. Scultetus [66] 1655
4. Barbette [8] 1672
5. J.van Mekeeren [59] 1675
6. Heister [43] 1739
7. Diderot et d'Alembert [29] 1756
8. Lizars [54] 1839
9. Äsculap [4] 1910
10. Knopf [52] 1910
11. Prendiville [63] 1974
12. Asal [3] 1974.

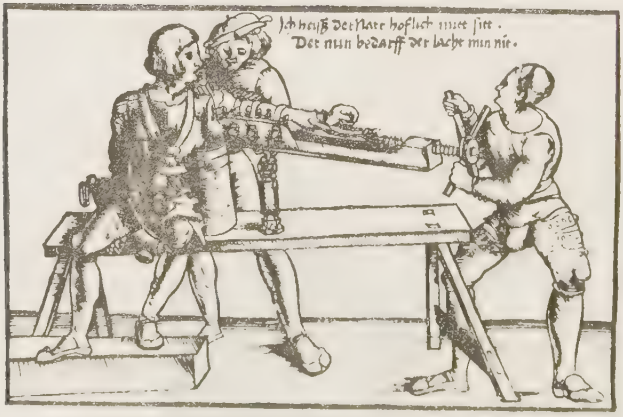


1.

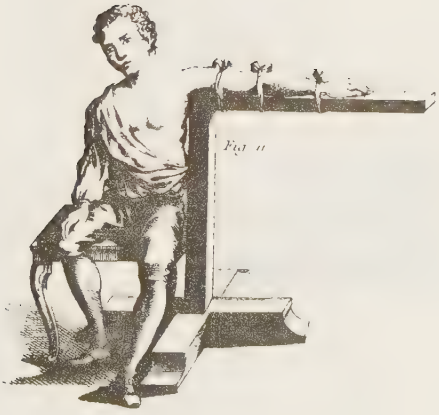


2.

4.

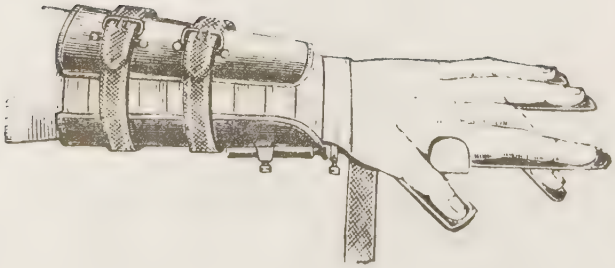

Ich heiß Der Narr hoflich mit sitt .
Der nun bedarff der lache nit nit .

6.

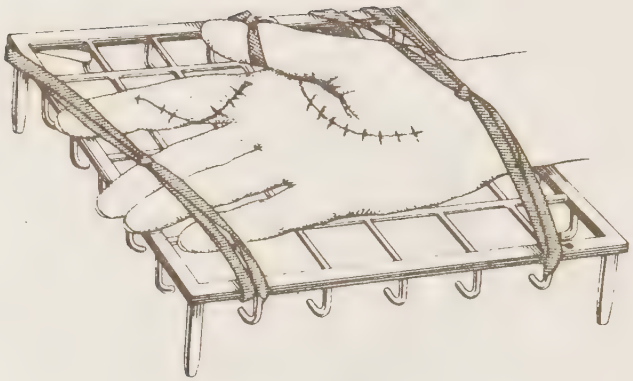


7.

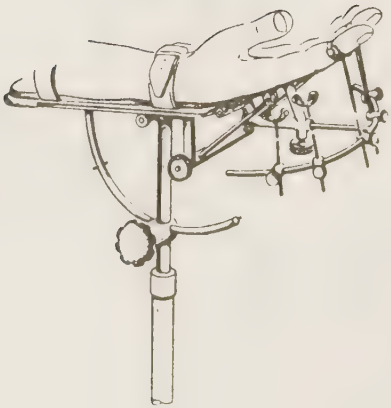
8.



10.



11.



I 5 Zur Anlage von Blutsperre und Blutleere

Erstmals beschrieb F. Esmarch [32+33] 1873 und 1877 den Sperrschlauch oder die Gummibinde zur Erleichterung von Operationen bei Unfällen. Als Kontraindikation gab er schon damals die Infektion in diesem Bereich an, weil Keime durch den Druck beim Auswickeln einer Extremität in den Kreislauf gepreßt werden können. Bis auf den heutigen Tag wird das Auswickeln zur Blutleere noch mit der Esmarch-Binde durchgeführt. Die Blutsperre allerdings erfolgt nicht mehr mit dem Esmarch-Schlauch sondern mit den heute üblichen Blutdruckmanschetten. Bier [13] beschreibt schon 1908 "wie die erste Abschnürung zur Erzeugung der Blutleere angebracht" werden soll. "Sie darf nicht in der gewohnten Weise als derbe Binde oder als Schlauch in sich genau deckenden Gängen angelegt werden, denn in dieser Weise macht sie durch Druck unangenehme Schmerzen. Vielmehr wird eine weiche, dünne Gummibinde, in zahlreichen Gängen und über einen größeren Gliedabschnitt gewickelt, benutzt". Daß bei zu schmaler Auflagefläche Nervenläsionen auftreten können, bestätigt Dick [28] et al., der eine nach Hoyle [48] modifizierte Doppelmanschette mit Kompressionsschläuchen benutzt hatte.

II Methodik.

II 1 Methode der i.v. Regionalanaesthesie nach August Bier [13+14]

Zur Beschreibung der Methode sollte hier der Autor selbst zu Worte kommen. "Es wurde zuerst mit einer von Esmarch'schen Expulsionsbinde das Blut von den Fingern bis oberhalb des Ellenbogengelenkes möglichst aus dem Gliede herausgepreßt. Darauf wurde vier Finger breit oberhalb des Ellenbogengelenkes eine, ebensoweit unterhalb des Ellenbogengelenkes eine zweite Blutleerebinde angelegt. In der Ellenbeuge wird unter Schleich'scher [70+71] Infiltrationsanaesthesie die Vena mediana freigelegt und wie bei intravenöser Infusion eine Kanüle durch einen Schlitz der Vene nach der Peripherie hin eingeschoben und festgebunden. Zentral von dem Schlitz wird die Vene unterbunden. Nunmehr werden mit der bekannten Infusionsspritze 1oo ccm einer 0,25 %igen Novocainlösung in die Vene eingespritzt .... 20 Minuten nach Einspritzung ist die Operation beendet. Es wird die periphere Binde gelöst und die Zentrale soweit gelockert, daß die Arterien sich öffnen, die Venen aber noch geschlossen sind, um etwa noch in den Venen befindliche Novocainlösung hinauszuschwemmen. Dann wird die Binde wieder soweit angezogen, daß Blutleere entsteht, und nach Vollendung der Tamponade und des blutstillenden Verbandes gänzlich entfernt".

Bier verabreichte dann in den folgenden Fällen 0,5%ige Novocainlösung. Weiter schreibt er dann nach Vorstellung der ersten beiden Fälle "ich glaube, daß wir mit dem geschilderten Verfahren, das unsere bisherigen bewährten Methoden der Infiltration und Leitungsanaesthesie nicht ersetzt, sondern nur für die größeren Operationen, wo jene unzureichend sind, ergänzen soll, dem Ideal sehr nahe gekommen sind, daß wir sämtliche Operationen an den Gliedmaßen, die sich unter künstlicher Blutleere vornehmen lassen, schmerzlos auch unter Lokalanaesthesie ausführen können. Ich zweifle auch nicht, daß wir bei einiger Ausbildung der Technik dieses Ideal bald vollständig und sicher erreichen werden" [13]. Drei Jahre später wird diese Methode der Venenanaesthesie überschattet durch die Entwicklung der supraklavikulären Plexusblokade [53] und gerät in Vergessenheit. Holmes [46] in England greift 1963 diese Methode wieder auf und kurz nach ihm Bell et al. [10]. Es erfolgten Modifikationen der Technik durch Holmes [46] und Bell et al. [10]. Die Entwicklung neuer Lokalanaesthetika sowie eine klare Indikationsstellung folgte gleichzeitig [1,2,7,10,11,16,25,34,46,47,48,49,58,69]. Dieses Vorgehen wurde sinnvoll durch die Vakuumwunddrainage nach Redon (1955) [64a] erweitert und ermöglicht somit einen Wundverschluß in Blutleere.

II 2 Die heute gebräuchliche Methode der Bier'schen i.v. Regionalanaesthesie.

Folgende Methode [21,28,65] ist heute üblich.

1. Prämedikation 30 Minuten präoperativ 0,5 mg Atropin und 1 bis 1,5 ml Thalamonal i.m. (bei stationärer Behandlung) oder 10 Minuten präoperativ gleiche Applikation aber i.v.

2. I.v. Infusion am kontralateralen Arm.

3. Braunüle am Handrücken oder Unterarm des zu anaesthesierenden Armes und Austestung mit 1 bis 2 ml des Lokalanaesthetikums auf toxische Reaktionen.

4. Auswickeln zur Blutleere mit der Esmarch-Binde.

5. Blutsperre durch schmale bis mittelbreite proximale Blutdruckmanschette. Druck 50 bis 200 mm Hg über dem systolischen Druck (abhängig von Muskulatur z.B. muskulöses Bein benötigt mehr).

6. Applikation des Lokalanaesthetikums durch die Braunüle ohne Adrenalin 30 bis 40 ml eines 0,5%igen Lokalanaesthetikums vom Typ der tertiären Amine [55] z.B. Lidokain, Mepivakain, Prilokain, Bubivakain.

7. Wirkungseintritt nach 5 bis 15 Minuten, Entfernung der Braunüle.

8. Anlage einer zweiten Blutleeremanschette distal der ersten bei Drucken zwischen 300 und 400 mm Hg.

9. Nach Anlage der distalen Manschette sofortige Druckentleerung der proximalen Manschette.

10. Operation.

11. Nach Beendigung der Operation 3 bis 5 maliges kurzes Öffnen der Blutsperre und sofortiger Verschluß (alternierende [28,60,65] Öffnung der Blutleere).

12. Wenn kein Anhalt für toxische Zeichen des Patienten bestehen, darf die Manschette vollends entfernt werden.

13. Der Eingriff sollte zwei Stunden nicht überschreiten.

Komplikationsraten bei der intravenösen Regionalanaesthesie werden in der Literatur mit 0 bis 50 Prozent angegeben [1,2,10,11,16,25,26,27,34,46,47,49,51,58,60,69], wobei diese Schwankungsbreite nur durch unterschiedliche Technik zu erklären ist.

III Problematik

1) Blutleere und Blutsperre

Die Anlage der Blutleere (völliges Entfernen des Blutes aus der Extremität) erfolgt noch heute wie von Esmarch [32,33] beschrieben mit Hilfe einer ca. 5 cm breiten elastischen Gummibinde mit der die Extremität von distal her unter starkem Zug ausgewickelt wird. Die Blutsperre (Drosselung der Blutzirkulation) sollte nach Esmarch dann mit dem Sperrschlauch erfolgen. Bier [13+14] lehnt bereits den Sperrschlauch ab mit dem Hinweis die Gummibinde als Blutsperre zu benutzen, da sonst starke Schmerzen auftreten. Er empfiehlt über einen möglichst breiten Raum die Esmarch-Binde zu wickeln. Hoyle [48] entwickelt 1964 eine Doppelmanschette die aus zwei fahrradschlauchartigen Schwellkörpern besteht. 1972 berichtet Dick [28] auch bei der Blutleeremanschette von Hoyle seien Nervenläsionen aufgetreten. Die Problematik der Blutsperre ist also in der Tatsache begründet, daß bei zu schmaler Druckauflage Nervenläsionen und starke Schmerzen auftreten können.

2) Anaesthesie

Von anaesthesiologischer Seite her waren bisher die stärksten Bedenken zu hören.

Da nach Beendigung der Operation die Blutcirkulationsunterbrechung wieder behoben wird, gelangt das noch in den Venen verbliebene Anaestheticum (ca. 25 %) bei einzeitiger Öffnung der Blutsperre in ca. 30 Sekunden in die Vena cava [1]. Subtoxische und toxische Erscheinungen können die Folge sein. Die Angaben über die Konzentrationen des Anaesthetikums im Blut sind sehr unterschiedlich und reichen von 0,2 bis 2 /ug ml [7,9,15,24,31,35,36,58]. Einige Autoren empfehlen eine mindest Blutsperrendauer von mehr als 20 bis 30 Minuten damit nicht noch mehr Anaesthetikum ins Blut fließen kann [1,5,10,11,31,34,46] weil ca. 75 % in dieser Zeit resorbiert sein sollen, andere [6,7,9,23,24,42,49,72] wiederum behaupten, daß keine Blutspiegelabhängigkeit des Anaestheticums in Relation zur Abklemmdauer besteht. Demgegenüber fanden Merrifield und Carter[60] bei fraktioniertem Ablassen des Anaesthetikums geringere Spitzenkonzentrationen im Blut. Durch die reaktive Hyperämie in der vorher blutleeren Extremität beschreiben Thorn-Alquist [72] sowie Cotev und Robin [23] einen zweiten Gipfel und durch den Lympheinstrom einen dritten. Die Zeitabstände der Gipfel sind abhängig von dem verwandten Anaesthetikum [23,42,72]. Das alternierende Ablassen des Anaesthetikums mit vorgegebenen Zeiten und Mengen scheint nach Kenntnis der pharmakologischen Forschung ein wesentliches Problem dieser Methode zu sein.

3) Technische Probleme spielten schon bei August Bier [13,14] eine wesentliche Rolle. Sie sind auch bis heute kaum gelöst worden. Zwar ist jetzt keine Venasectio wegen der Entwicklung von Flügelkanülen, Gordh-Kanülen und Braunülen mehr notwendig, dennoch war kein echter Fortschritt zu verzeichnen (abgesehen von der Entwicklung der Vakuum-Wunddrainage nach Redon) [64a].

Technische Versager kommen zustande wegen:

a. Schlecht und zu locker angelegter Blutdruckmanschette, das heißt, die Manschette öffnet sich intraoperativ.

b. Zu fest angelegte Blutdruckmanschette.
Da der Arm durch die i.v. Infusion etwas ödematös anschwillt, entsteht mitunter beim Öffnen der Blutsperre eine venöse Stauung, da dann die Manschette zu fest angewickelt ist. Folge: Das Pflegepersonal muß unter den sterilen Abdecktüchern die Blutdruckmanschette lösen (die Sterilität ist nicht mehr gewährleistet).

c. Geringer Platz bei Operationen am Unterarm.
Nach der herkömmlichen Methode benötigen zwei Manschetten Platz am Oberarm.

Da die Manschetten nicht sterilirisierbar sind, ist der gesamte Oberarm manchmal bis über das Ellenbogengelenk unsteril und muß abgedeckt werden, so daß eine Operation bis an die Manschetten nicht erfolgen kann (notwendig bei Sehnenersatzoperation und Nekrektomie nach Verbrennungen z.B.).

d. Nervenläsionen bei schmalen herkömmlichen Blutdruckmanschetten. Die herkömmlichen Manschetten bestehen aus flachen Gummischläuchen, die mit einem Stoffschlauch aus nicht dehnbarem Material überzogen sind. Im Querschnitt ohne Druck sieht diese Manschette wie in Abb. 1a aus. Bei Druckaufnahme können sich zwar die Gummischläuche und Stoffmäntel nicht ausdehnen, aber dennoch ihre Form mit Einschränkung verändern. Bei Druckaufnahme ändert sich die Form der Manschette folgendermaßen. Sie entwickelt unter Druckaufnahme die Form der Ellipse, wie in Abb. 1b zu erkennen. Damit hat sich der Druck auf den Arm erhöht, aber die Auflagefläche verkleinert. Im Extremfall und bei der Doppelmanschette nach Hoyle [48] entsteht folgende Situation: Abb. 1c. Bei sehr locker gewickelter Manschette hat der Schwellkörper die Möglichkeit, seine Idealform den Kreis im Querschnitt anzunehmen.

Der anliegende Druck und die Auflagefläche verhalten sich umgekehrt proportional, das heißt, daß sich bei Zunahme des Druckes die Auflagefläche verringert. Die Folge können die von Dick et al. [28] und vielen anderen z.B. [21,65] beschriebenen Nervenläsionen sein.

e. Mit Einführung der Mikrochirurgie in die Unfallchirurgie in den sech ziger Jahren ist eine Kombination von Blutleere, Blutsperre und absoluter Ruhigstellung notwendig geworden, weil eine Verschiebung von nur wenigen Millimetern schon ein Verschwinden des OP-Feldes aus dem Sichtfeld des Mikroskopes bedeuten kann. Mit den bisher bestehenden Geräten konnte dies nicht befriedigend gelöst werden.

f. Da die bisherigen Manschetten manuell oder über manuelle Druckschalter bedient wurden, ist eine zeitlich exakt fraktionierte Öffnung der Blutleere nahezu nicht möglich. Diese aber erscheint um so wichtiger, da bereits schon 30 Sekunden [42] nach Öffnung der Blutleere das in den Venen verbliebene Lokalanaesthetikum in der Cava anlangt. Um subtoxische und toxische Symptome zu vermeiden, bedarf es also der Fraktionierten Öffnung der Blutleere einer zeitlich exakt regelbaren Methode.

IV Ergebnisse

Die Kenntnis der oben genannten Probleme und die Notwendigkeit die i.v. Regionalanaesthesie mit seinen Vor- und Nachteilen [21,61a] in Kombination mit der Mikrochirurgie, haben mich bewogen, dieses Zusatzverfahren [21] zu anderen bekannten anaesthesieologischen Methoden so weit wie möglich von der Technik her zu vereinfachen.

IV 1 Entwicklung von Mono- und Tandemprofilmanschette

a) Monoprofilmanschette (zur konventionellen Blutleere)

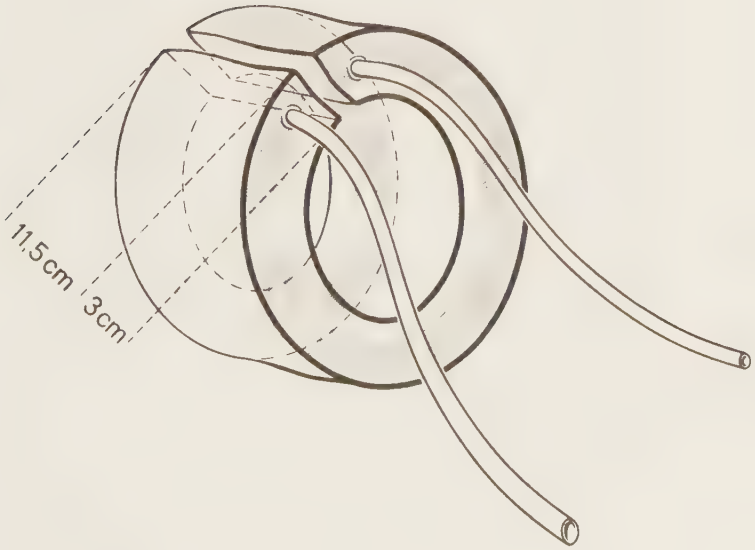
Die Entwicklung dieser Manschette ist von den Ideen getragen

1. den anliegenden Druck möglichst gleichmäßig auf eine möglichts maximale Auflagefläche an der Extremität zu verteilen um Nervenläsionen auszuschließen.
2. Möglichst wenig Platz an der Extremität bei maximaler Auflagefläche zu benötigen.
3. Die Manschette gleichzeitig als Fixierung der Extremität (für mikrochirurgische Eingriffe z.B.) zu benutzen.
4. Eine sterilisierbare Manschette zu konstruieren damit bis an die Manschette heran operiert werden kann.

5. Das Anwickeln der Manschette zu erübrigen, damit technische Pannen durch zu festes oder zu lockeres Anwickeln nicht mehr möglich sind (venöse Stauung z.B.).

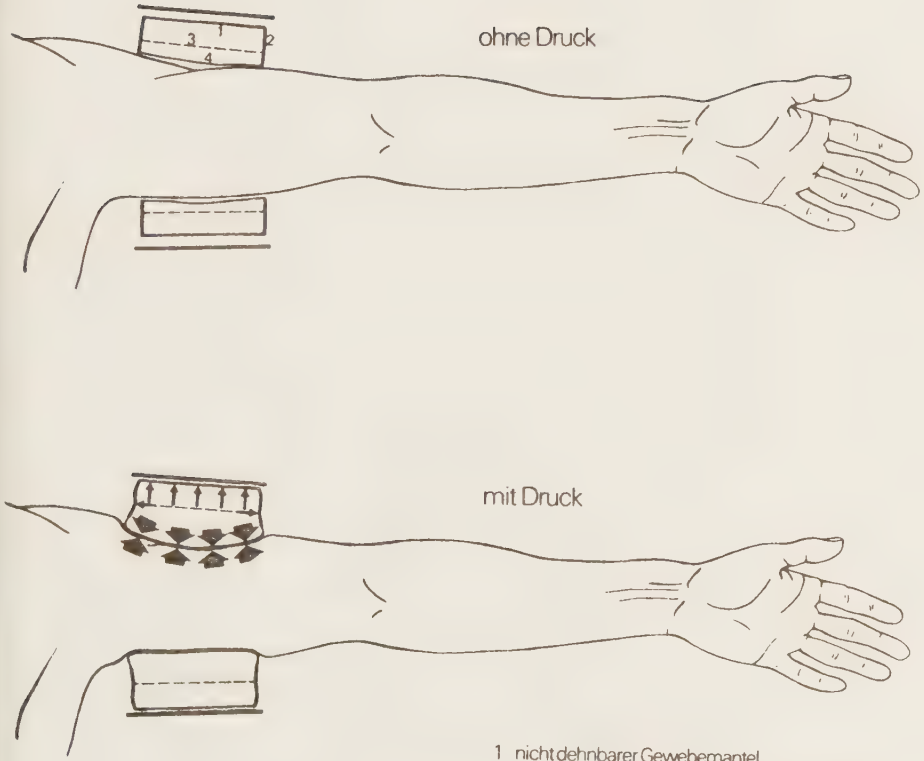
Unter Einbezug dieser Überlegungen bot sich folgende Konstruktion an (Abb. 2, Anlage 1).

Abb.2



Die hier vorgestellte Monoprofilmanschette hat schon im Ruhezustand im Querschnitt eine andere Form als die bisher üblichen und damit auch andere physikalische Eigenschaften, wie in Abb. 3a dargestellt wird. Die Abb. 3b zeigt den Querschnitt der Manschette bei Druckanstieg. Durch den nicht dehnbaren Gewebegummi außen ist eine Dehnung und eine Verformung durch die sie umgebene Stahlschale nicht möglich. Eine Dehnung der Seitenwände ist ebenfalls kaum möglich. Ein Auseinanderweichen der Seitenwände wird durch die Querverstrebung der Seitenwände miteinander verhindert, weil die beiden Kraftvektoren gleich groß sind, gegeneinander stehen und sich damit aufheben. So richtet sich zwar der Druck in der Manschette gegen alle Seiten, wird aber in seiner Wirkung hauptsächlich auf die leicht dehnbare Gummiwand, die der Extremität anliegt, ausgeübt. Das heißt, daß der gesamte anliegende Druck gleichmäßig über eine maximale Breite der Manschette auf die Extremität ausgeübt wird (Abb. 3b).

bb 3



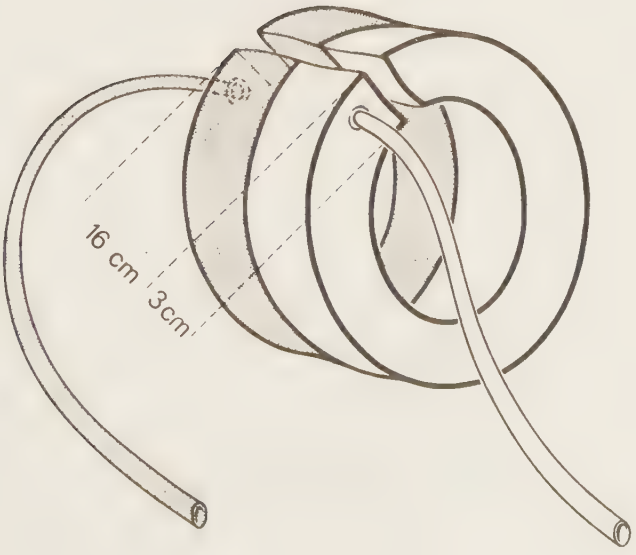
1 nicht dehnbarer Gewebemantel
2 doppelt verstärkte Seitenteile aus Gewebegummi
3 nicht dehnbare Querverstrebung im Hohlkörper der Manschette die die Seitenwände miteinander verbindet
4 leicht dehnbare Gummiwand

Durch Ausnutzung der gesamten Manschettenbreite kann sie relativ schmaler als die herkömmliche Manschette gehalten werden, wodurch weniger Platz an der Extremität benötigt wird.
Da bei der Monoprofilmanschette kein Stoffmantel mehr besteht, kann die Manschette gut abgewaschen und sterilisiert werden und eine Operation bis an die Manschette heran ist gut möglich. Durch die, die Manschette umgebene Stahlschale, wird eine stabile Fixation erreicht und durch den Schnellverschluß derselben erübrigt sich das Anwickeln der Manschette. Ein Druckzugang sowie ein Druckabgang für ein Kontrollmanometer sind an den entgegengesetzten Enden der Manschette angebracht.

b) Tandemprofilmanschette (zur i.v. Regionalanaesthesie).
Für die Tandemprofilmanschette gelten ebenfalls die unter III 1a genannten Grundideen und die daraus folgenden Konsequenzen. Darüber hinaus bestand der Wille, nun auch eine Tandemprofilmanschette zu konstruieren, damit den Anforderungen der Bier'schen [13,14] i.v. Regionalanaesthesie entsprochen werden kann. Um möglichst viel Platz an der Extremität zu sparen, aber dennoch eine maximale Druckauflagefläche zu erhalten, wurden zwei gleiche Manschetten aneinander in einem Stück gearbeitet.

Für die Tandemprofilmanschette gelten die gleichen Kriterien (siehe IV 1a) wie für die Monoprofilmanschette; ebenfalls wird sie von einer Stahlschale getragen, die gleichzeitig Halterung für die Manschette und Fixationsschale für die Extremität ist. Jeder Manschettenteil hat einen Druckzu-Abgang (Abb.4, Anlage 2).

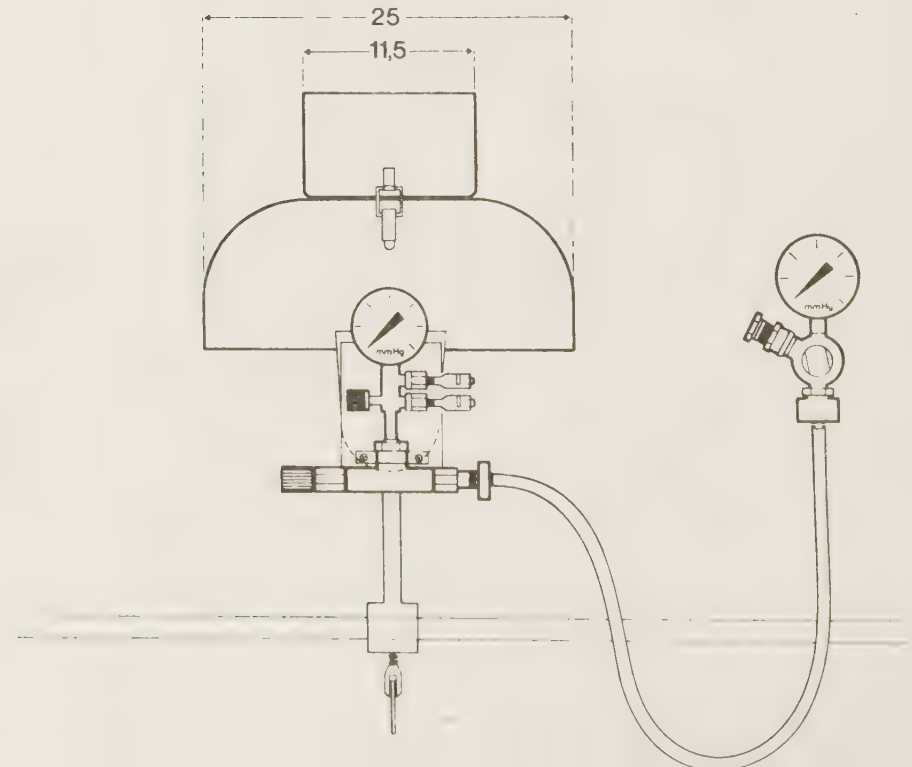
Abb.4



IV 2

Um eine exakt ruhige Lagerung der Extremität für die Mikrochirurgie zu erreichen und gleichzeitig die Anlage der Blutleere oder Blutsperre mit der Mono- oder Tandemprofilmanschette zu ermöglichen, wurden folgende Extremitätenhaltschalen konstruiert.

a) Entwicklung der Extremitätenhalteschale für Monoprofilmanschette zur Blutleere und Blutsperre Abb. 5, Anlage 3).



Vorteile dieser Extremitätenhalteschale mit Monoprofilmanschette sind:

1. Es ist kein Zusatzgerät für Blutleere oder Blutsperre notwendig (direkter Wandanschluß).
2. Die Extremitätenhalteschale kann in jeder Lage fixiert werden.
3. Exakte Ruhigstellung der Extremität für die Mikrochirurgie.
4. Anwickeln der Manschette entfällt durch Schnellverschluß der Schale.
5. Druckkontrolle über das Kontrollmanometer im Gesichtsfeld des Operateurs.
6. Eine Operation bis an die Schale ist möglich, da die gesamte Schale mit Manschette sterilisiert werden kann.

b. Entwicklung der Extremitätenhalteschale für Tandemprofilmanschette zur Bier'schen i.v. Regionalanaesthesie.

Die Extremitätenhalteschale (Anlage 4) ist der unter IV 2a benannten identisch, nur ist der Verschlußbügel breiter und die Druckautomatik, die zur Steuerung der in ihr liegenden Tandemprofilmanschette benötigt wird, nicht an der Schale angebaut.

Ansonsten gelten auch für sie, die unter IV 2a beschriebenen Vorteile, und die Tatsache, daß über eine elektronische 2-Phasendruckautomatik eine gesteuerte Bier'sche i.v. Regionalanaesthesie möglich ist.

IV 3 Konstruktion der elektronischen 2-Phasendruckautomatik zur Steuerung der Tandemprofilmanschette für die Bier'sche i.v. Regionalanaesthesie.

Die Grundüberlegung für eine solche elektronische Steuerung sind sowohl die zeitlichen Abläufe der Anaesthesie und Operation als auch die Druckverhältnisse beider Manschetten sinnvoll zu koordinieren. Es erfolgte eine Unterteilung in zwei Phasen, da die Automatik in Phase 1 zur Anlage der i.v. Regionalanaesthesie und in Phase 2 zur fraktionierten Öffnung der Blutleere benutzt werden soll, um ein gesteuertes Abströmen des Lokalanaesthetikums zu gewährleisten. Die hier dargestellten Druckzeitrelationen wurden aufgestellt.(Abb. 6).

Abb.6 Druck Zeitrelationsschema

Phase I: Anlage der i.v. Regionalanästhesie

Prox. M.↑	Prox. M.↑	Prox. M.↓
Injektion d. Anaestheticums →	Dist. M.↑	→ Dist. M.↑
0 - 1000 s	0 - 100 s	beliebige Zeit

⇒⇒ Operation ⇒⇒

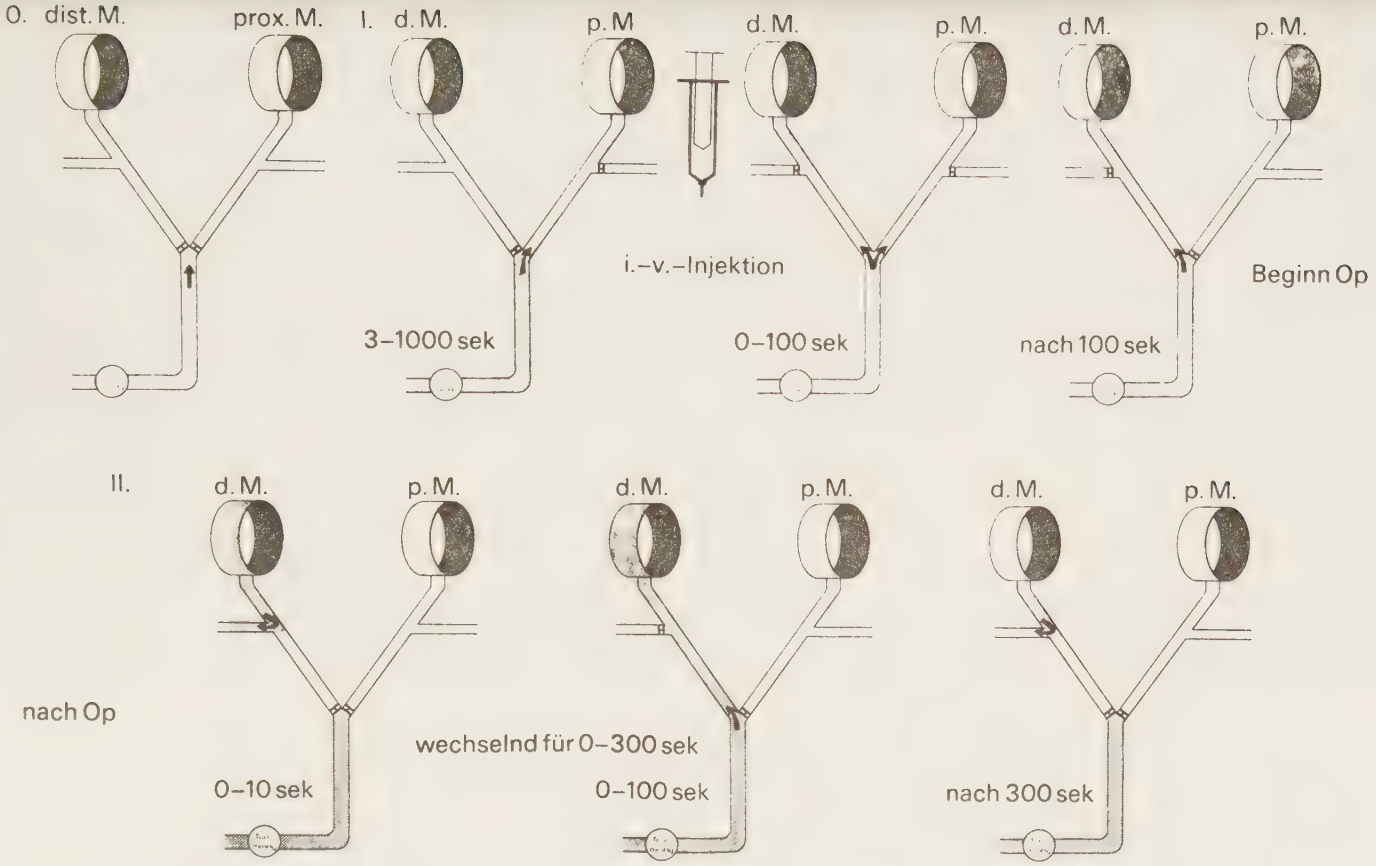
Phase II: Fraktionierte Entleerung der Blutleere

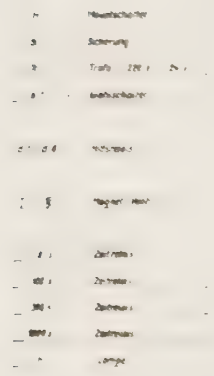
Dist. M.↑		Dist. M.↓	Dist. M.↓
Prox. M.↓	wechselnd ←→	Prox. M.↓	→ Prox. M.↓
0 - 100 s		0 - 10 s	Endstellung nac
			0-300

Dist. M. = distale Manschette ↑ = Druck liegt an

Prox. M. = proximale Manschette ↓ = Druck ist abgelassen

Zu dem hier dargestellten Druckzeitrelationen mußte nun ein "Ventil-
schema zur i.v. Regionalanaesthesie mit elektronischer Steuerung" er
arbeitet werden (Abb. 7).


0. dist. M.
prox. M.
I. d. M.
p. M
d. M.
p. M.
d. M.
p. M.
i.–v.–Injektion
3–1000 sek
0–100 sek
nach 100 sek
Beginn Op
II.
d. M.
p. M.
d. M.
p. M.
d. M.
p. M.
nach Op
wechselnd für 0–300 sek
0–10 sek
0–100 sek
nach 300 sek

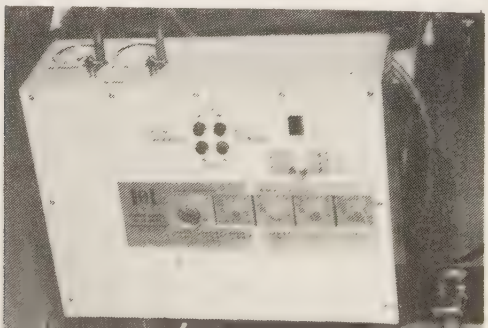


Erst als das Druckzeitrelationsschema und das Ventilschema vorlagen, war die Umsetzung in einen elektronischen Schaltplan überhaupt möglich (Abb.8, 8a). Die Zeiten der Relais wurden so gewählt, daß alle in der Literatur beschriebenen zeitlichen Verschiebungen, sowohl bei der Anlage der i.v. Regionalanaesthesie als auch bei der fraktionierten Öffnung der Blutleere, einstellbar sind.

Erst nach Vorlage dieser 3 Schemata war ein Bau eines solchen Gerätes möglich (Abb.9, Anlage 5). Die Vorteile sind:

1. Keine technischen Probleme beim Anlegen der i.v. Regionalanaesthesie.
2. Einfachste Handhabung des Gerätes (Ein-Ausschalter, Wahlschalter O, Phase I, Phase II, 5 Zeitregler).
3. Zeitlich exakt regulierbare Möglichkeit der fraktionierten Öffnung der Blutleere.
4. Personalersparnis.
5. Verkürzung der ges. Operationsdauer.

Abb.9



V Zusammenfassung

Die Schwierigkeiten in der Kombination von Plexusanaesthesie und Blutleere haben dazu geführt, daß neuerdings die i.v. Regionalanaesthesie nach Bier [13+14] wieder an Bedeutung gewinnt. Hier aber bestanden vor allem einige technische Probleme wie

1. Exakte Steuerung der fraktionierten Öffnung der Blutleere.
2. Großer Platzbedarf am Oberarm für zwei herkömmliche Manschetten.
3. Nervenläsionen bei herkömmlichen Manschetten.
4. Zu lockerer oder zu fester Sitz der Manschetten.
5. Schlechte Fixierbarkeit der Extremität

und mehreren anderen die unter III dargestellt wurden.

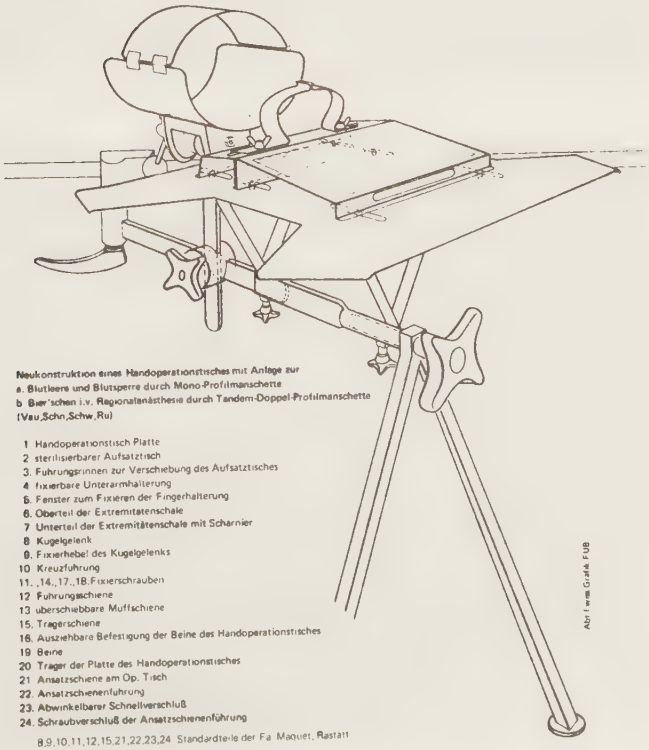
Mit Einführung mikrochirurgischer Technik in die Extremitätenchirurgie ist die absolute Ruhigstellung der betroffenen Extremität unbedingt erforderlich. Da der überwiegende Teil der Operation in Blutleere oder Blutsperre erfolgt wurden die hier vorgestellten Mono- und Tandemprofilmanschetten zur Fixation der Extremität, in dafür eigens konstruierten Halteschalen mit Schnellverschluß, entwickelt.

Die neuen Manschetten sichern eine maximale Druckauflagefläche bei niedrigem und hohen Druck und geringeren Platzverbrauch gegenüber herkömmlichen Blutdruckmanschetten, so daß Nervenläsionen nicht mehr zu erwarten sind. Sie ruhen auf einem Kugelgelenk und sind auf einer nach allen Richtungen schwenkbaren Metallschiene geführt. Dadurch kann auch bei Kontrakturen in der Schulter und der Ellenbeuge eine sichere Ruhigstellung und exakte Blutleere und Blutsperre erfolgen. Die Tandemprofilmanschette mit Schnellverschluß erübrigt den Aufwand von zwei herkömmlichen Blutdruckmanschetten und ist genauso wie die Monoprofilmanschette sterilisierbar. Dadurch ist eine Operation bis an die Manschette heran (z.B. bei Sehnenersatzoperationen, Nekrektomie bei Verbrennungen, oder bei Eingriffen am Ellenbogengelenk in Bauchlage) möglich.

Sie wird durch eine elektronische Zwei-Phasen-Druckautomatik, die sich platzsparend am Kopfteil des Operationstisches anbringen läßt gesteuert. Die Phase I reguliert die Druckzeitverhältnisse bei der Anlage der i.v. Regionalanaesthesie und die Phase II die fraktionierte Öffnung der Blutleere.

Alle hier konstruierten Teile lassen sich wie bei einem Baukastensystem mit dem in der Abteilung für Traumatologie und plastische Chirurgie des Klinikums Steglitz der Freien Universität Berlin konstruierten Handoperationstisch und dessen sterilisierbarer Handauflage zu einer Einheit sinnvoll verbinden (Abb. 10). Abschließend seien hier noch einige Funktionsaufnahmen dieser Einheit aus unserer Klinik dargestellt (Abb. 11a bis f).

Abb.10

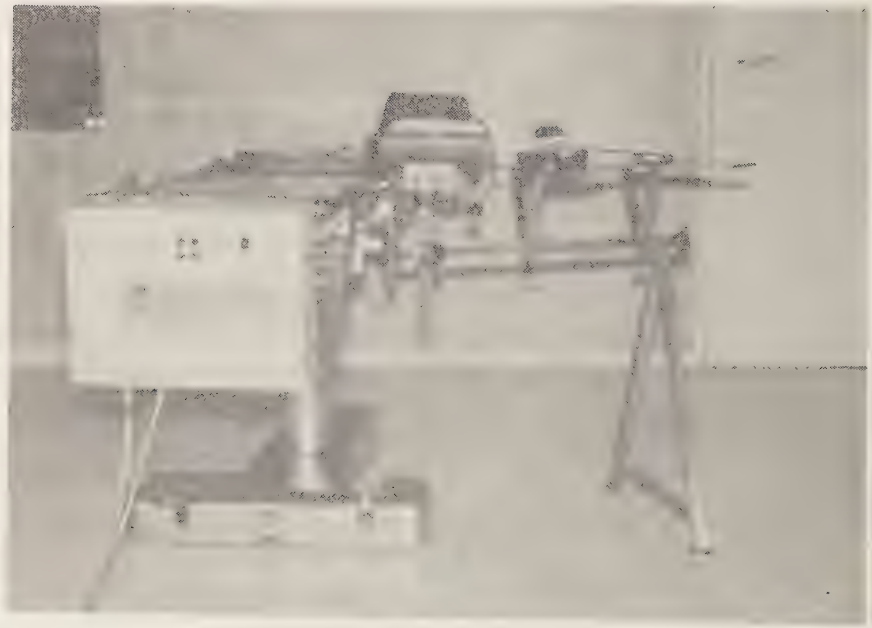


Neukonstruktion eines Handoperationstisches mit Anlage zur
a. Blutleere und Blutsperre durch Mono-Profilmanschette
b. Bier'schen i.v. Regionalanästhesie durch Tandem-Doppel-Profilmanschette
(Vau,Schn,Schw,Ru)

1 Handoperationstisch Platte
2 sterilisierbarer Aufsatztisch
3. Führungsrinnen zur Verschiebung des Aufsatztisches
4 fixierbare Unterarmhalterung
5. Fenster zum Fixieren der Fingerhalterung
6. Oberteil der Extremitätenschale
7 Unterteil der Extremitätenschale mit Scharnier
8 Kugelgelenk
9. Fixierhebel des Kugelgelenks
10 Kreuzführung
11.,14.,17.,18.Fixierschrauben
12 Führungsschiene
13 überschiebbare Muffschiene
15. Trägerschiene
16. Ausziehbare Befestigung der Beine des Handoperationstisches
19 Beine
20 Träger der Platte des Handoperationstisches
21 Ansatzschiene am Op. Tisch
22. Ansatzschienenführung
23. Abwinkelbarer Schnellverschluß
24. Schraubverschluß der Ansatzschienenführung

8,9,10,11,12,15,21,22,23,24 Standardteile der Fa. Maquet, Rastatt

Abt. f. wiss. Grafik FUB



VI Literatur

1. ADAMS, J.P., DEALY, E.J., KENMORE, J.P.
   Intravenous regional anaesthesia
   J. Bone Jt. Surgery A 46 (1964) 811

2. ANDERSEN, N.B.
   The effect of anaesthetic agents on cellular membranes.
   Anaesth. Analg. Curr. Res. 43 (1964) 49

3. ASAL
   Handoperationshalterung
   Katalog Ullrich-Ulm CM 370 (1974)

4. ÄSCULAP
   Handauflage
   Katalog Äsculap Chirurg. Instrumente (1910) 736

5. ATKINSON, D.J., MODEL, J., MOYA, F.
   Intravenous regional an esthesia
   Anaesth. Analg. Curr. Res. 44 (1965) 313

6. AUBERGER, H.
   Diskussionsbemerkung
   Anaesthesist. 14 (1965) 359

7. AUBERGER, H., IFFLAND R.
   Plasmakonzentrationen verschiedener Lokalanaesthetica von Amidstruktur bei der intravenösen regionalen Anaesthesie der oberen und unteren Gliedmaßen.
   Z. prakt. Anaesth. 2 (1967) 395

8. BARBETTE, P.
   Opera chirurgico-anatomica
   Leyden 1672

9. BECHET, A.H., BOYES, R.N., PARKER, J.B.R.
   Determination of Lignocain Levels in blood and urine in human subjects under-going Localanalgesi procedures
   Anaesthesia 20 (1965) 294

10. BELL, H.M., SLATER, E.M., HARRIS, W.H.
Regional anesthesia with intravenous Lidocaine
J. amer. med. Ass. 186 (1963) 544

11. BERGEMANN, H.
Zur intravenösen Lokalanaesthesie
Wien. klin. Wschr. 41 (1965) 729

12. BIBRA u. HARLEß
Die Wirkung des Schwefelaethers.
Erlangen 1847

13. BIER, A.
Über einen neuen Weg Lokalanaesthesie an den Gliedmaßen zu erzeugen.
Langenbecks Arch. klin. Chir. 86 (1908) 1007

14. BIER, A.
Über die Venenanaesthesie
Berl. klin. Wschr. 46 (1909) 477

15. BROMAGE, P.R., ROBSON, J.G.
Concentrations of Lignocaine in the blood after intravenous, intramuscular epidural and endotracheal administration
Anaesthesia 16 (1961) 461

16. BROWN, E.M.
Continous intravenous regional anaesthesia
Acta anaesth. scand. Suppl. 36 (1969) 39

17. BRAUN, H.
Die Technik der Lokalanaesthesie.
Ergeb. d. Chir. u. Orth. Bd. 4 (1912) 1

18. BRAUN, H.
Über die Potenzierung der örtl. Novokainwirkung durch Kaliumsulfat.
Zentralbl. für Chir. (1913) 1913

19. BRAUN, H.
Die Lokalanaesthesie, ihre wissenschaftl. Grundlagen und prakt. Bedeutung.
Leipzig 1925

20. CATHELIN, (in Lexer)
Allg. Chirurgie von E.Lexer
9. Aufl. 1 Bd. (1918) 116

21. CLAUBERG, G., SCHLAEGEL, U., HARTTER, P.
Die intravenöse regionale Lokalanaesthesie
im Bereich der oberen Extremität.
Der Anaesthesist 21 (1972) 277

22. CORNING (bei Hildebrand)
Zur Geschichte der Lumbalanaesthesie
Berl. klin. Wschr. (1906) 921

23. COTEV, S., ROBIN, D.G.
Experimental studies on intravenous regional
anaesthesia using radioactiv Lignocaine.
Brit. J. Anaesth. 38 (1966) 936

24. COTEV, S., ROBIN, G.C.
Experimental studies on intravenous regional
analgesia using radioactive Lidocain.
Acta. anaesth. scand. Suppl. 36 (1969) 127

25. COX, J.M.R.
Intravenous regional anaesthesia
Canad. Anaesth. Soc. J. 11 (1964) 503

26. DAWKINS, O.S., RUSSEL, E.S., ADAMS, A.K., HOOPER R.L.,
ODIAHOSA, O.A., FLEMING, S.A.
Intravenous regional anaesthesia
Canad. Anaesth. Soc. J. 11 (1964) 243

27. DEACOCK, A.R., SIMPSON, W.T.
Fatal reactions to Ligmocaine
Anaesthesia 19 (1964) 217

28. DICK, W., TEUTEBERG, H., WESSI-GHAGE, D., HILLEBRAND,H.
Klinische und experimentelle Untersuchungen zur
intravenösen Regionalanaesthesie
Anaesthesist 21 (1972) 3 (Iu.II)

29. DIDEROT et d'ALEMBERT
Encyclopédie Paris
Verl. Breton (1751-1772)

30. DIEFFENBACH
Der Aether gegen den Schmerz
Berlin 1847

31. ERIKSSON, E.
The effects of intravenous Local anaesthetic agents on the central nervous system.
Act. anaest. scand. Suppl. 36 (1969) 36

32. ESMARCH, F.V.
Über künstl. Blutleere bei Operationen
Leipzig 1873
Sammlung klin. Vorträge Bd. 58

33. ESMARCH, F.V.
Handhabung der Kriegschirurg. Technik.
Hannover 1877

34. FEUERSTEIN, V., SCHROLL, H.
Erfahrungen mit der intravenösen Lokalanaesthesie
Anaesthesist 14 (1965) 179

35. FOLDES, F.F., MOLLOY, R.M., Mc NALL, P.G., KONHALL,L.R.
Comparison of toxicity intravenously given Local an esthetic agents in men.
J. Amer. med. Ass. 172 (1960) 1493

36. FOLDES, F.F., DAVIDSON, G.M., DUNCALF, D.
The intravenous toxicity of Local anaesthetic agents in men.
Clin. Pharmacol. Ther. 6 (1965) 328

37. FREY, R.
Lehrbuch der Anaesthesie.
Springer Berlin 1955

38. GERßDORFF, H.v.
Feldbuch der Wundtartzney
Straßburg 1517

39. GOYANES, OPPEL, v.
Eine neue Methode der regionären Anaesthesie
Ref. Münch. Med. Wschr. (1909) 199

40. GUILLEMEAU
La chirurgie francaise
Paris 1594

41. HAMMER
Die Anwendung des Aethers ins bes.
bei Geburten.
Mannheim 1847

42. HARGROVE, R.L., HOYLE, J.R., PARKER, J.B.R.
Blood Ligno-caine Levels following intra-
venous regional anaesthesia
Anaesthesist 21 (1966) 37

43. HEISTER, L.
Lehrbuch der Chirurgie 1719
kleine Chirurgie 1747
Helmstedt 1719-1747

44. HEYFELDER
Die Versuche mit dem Schwefelaether und die
daraus gewonnenen Resultate
Erlangen 1847

45. HILARIS von POITIER
Über die Dreieinigkeit.
ca. 350 n.Chr. Geb.

46. HOLMES, C.MCK.
Intravenous regionalanalgesia
Lancet I (1963) 245

47. HOPE, CH.E.
Intravenous regionalanaesthesia
Brit. med. J. I (1965) 1187

48. HOYLE, J.R.
Thourniquet for intravenous an algesia
Anaesthesia 19 (1964) 294

49. KENNEDY, B.R., DATHIL, A.M., PARBROOK,G.D., CAVR, T.L.
Intravenous regionalanaesthesia
Brit. med. J. 1 (1965) 954

50. KILLIAN, H.
3 Jahre Lokalanaesthesie ohne Adrenalin
DMW 80 (1955) 1024

51. KNAPP, R.B.
Intravenous regional anaesthesia of the upper extremity
Anaesth. Analg. Curr. Res. 44 (1965) 302

52. KNOPF
Handoperationstisch mit Spülung
Katalog. Äsculap. Chirurg. Instrumente
(1910) 107 A_4

53. KULENKAMPFF, B.
Die Anaesthesierung des Plexus brachialis.
Zentralblatt für Chir. 38 (1911) 1337

54. LIZARS
Praktische Chirurgie
Leipzig 1839

55. LÖFSTROM, B.
Aspects of the pharmacology of Localanaesthetic agents
Brit. J. Anaesth. 42 (1970) 194

56. MARTIN
Zur Physiologie und Pharmakodynamik des Aetherismus
München 1847

57. MARTIN, BINSWANGER
Das Chloroform u. seine Wirkung
Leipzig 1847

58. MAZZE, R.J., DUMBAR, R.W.
Intravenous regionalanaesthesia
Report of. 497 cases with a toxicity study.
Acta anaesth. scand. Suppl. 36 (1969) 27

59. van MECKREN, J.
Chyrurgisch u. Geneeßkünstige Anmerkungen
Nürnberg 1675

60. MERRIFIELD, A.J., CARTER, S.J.
Intravenous regional analgesia:
Lignocain blood Levels
Anaesthesia 20 (1965) 287

61. MEYER'S
Konversations Lexikon
Hildburghausen 1871/2. Aufl. 5.1007

61a MILES, D.W., JAMES? J.L., CLARK, D.E., WHITWAM, J.G.
Site of action of intravenous regional anaesthesia
Neurol. Neurosurg. Psychiat. 27 (1964) 574

62. PFLÜGER, H.
Kurzlehrbuch der modernen Anaesthesie
Stuttgart, Schattauer Verlg. 1962

63. PRENDIVILLE
Handfixationsplatte
Katalog Thackray 4. Aufl. Katalog.Nr. 66-6122, (1974)

64. RECLUS
La cocaine en chirurgie
Paris 1895

64a JOST, BOURGEOIS,R.
Closure of surgical wounds under depression
according to Redon's, Jost's and Troques's method.
Ann. otolar. Par. 72 (10) (1935) 812

65. SEHHATI, Gh., SARVESTANI, M.
Die intravenöse Regionalanaesthesie.
akt. Traumatologie 5 (1975) 61

66. SCULTETUS, J.
Armamentarium Chirurgicum
Ulm 1655

67. SIMPSON
Notes on the inhalation of sulfurie ether in the
practice of midwifery.
Edinburg 1847

68. SNOW
On the inhalation of the vapour of ether in surgical operations
London 1847

69. SCHLAG, G.
Die intravenöse Lokalanaesthesie in der Unfallchirurgie.
Mschr. Unfallheilk. 69 (1966) 237

70. SCHLEICH, K.
Über lokale Anaesthesie
Berlin 1892

72. SCHLEICH, K.
Schmerzlose Operation
Berlin 1894

72. THORN-ALQUIST, A.M.
Blood concentrations of Localanaestheties after intravenous regional anaesth.
Acta anaesth. scand. 13 (1969) 229

73. WEBER
Über die Anwendung der schmerzstillenden Mittel im Allg. und des Chloroforms im Besonderen.
Hildburghausen 1867

An dieser Stelle möchte ich nicht versäumen, Herrn Ing. H. Schwarz stellvertretend für die Forschungswerkstätten, Herrn H. Weidemann stellvertretend für die Zentrale Photo- und Filmabteilung, Herrn W.Trost stellvertretend für die Abteilung für Wissenschaftliche Graphik und Frau H. Ollmann stellvertretend für das Zentrale Schreibbüro meinen Dank für ihre Unterstützung zu sagen.

Nicht zuletzt danke ich meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. med. W.-E Vaubel für seine intensive Unterstützung, hervorragende Beratung und die Freiheit, die er mir bei meinen Bemühungen gelassen hat.

L e b e n s l a u f

Geboren wurde ich am 27.1.1944 in Zobten am Berge bei Breslau als Sohn des selbständigen Kaufmanns Walter Schneider und seiner Ehefrau Margot, geb. Böse.

Die Einschulung erfolgte im Herbst 1950 in Berlin, wo ich 1962 die "Mittlere Reife" ablegte. Über ein Aufbaugymnasium erlangte ich das "Zeugnis der Reife" 1966. Danach studierte ich an der Technischen Universität Berlin Physik und begann im Herbst 1969 das Medizinstudium an der Universität Köln. Nach zwei Semestern legte ich dort das Vorphysikum ab, drei Semester später das Physikum in Berlin.

Das Staatsexamen für Mediziner legte ich nach dem elften Semester mit der Note "sehr gut" ab. Es folgten die Medizinalassistentenzeiten in der Chirurgie und Nuklearmedizin des Klinikum Steglitz Berlin sowie die Dissertation mit dem hier vorgelegten Thema.

Berlin im Mai 1976

DISSERTATIONSDRUCK
HÖPFNER GMBH
Pestalozzistr. 106 1 Berlin 12 312 88 85
313 81 98